連載 オーディオ計測の散歩道

スピーカ・ケーブルの振動を測る(2)

——10 Ap-p を流して動きは 4 ミクロン

■小倉幸一■

実験再開

1Aの電流に対して2μmの動きが検出されましたが，対向する2線間の反応と思いきや，センサからの漏れ磁界に反応していたことがわかり，磁気シールドの完全化に取り組むところで終わってしまいました．

その後，センサ・メーカーに問い合わせたところ，磁界発生の原因はないと思うが，そういう問い合わせがないので推定でしか返事できない…，とのこと．交流磁界による消磁も不安が残るし，センサについては“さわらぬ神にタタリなし”としました．そこで，次善の策ですが，

(1) センサに磁気シールドをする（別なレーザー・センサを使う）

(2) 静電型センサを用いる

いずれも手持ちの計測器の範囲なので，最良かどうかは不問にして，実験を始めてみます．

(1) 前号の補足

前号で，変位出力のS/Nを稼ぐためアベレージ処理をしましたが，これまでバースト波の実験でよく実施してきたアベレージは，トリガにより発生したバースト波の加算によって，バースト波は成長していきますが，トリガと同期していない非周期性の信号はあまり育たない，その結果S/Nは加算回数をnとすれば，

$$S/N=\sqrt{n}(S/N)_0$$

〔$(S/N)_0$ はもとのS/N〕

倍に改善されるというものです．'60年代にMIT（マサチューセッツ工科大学）で開発，製品は3000万円くらいで輸入され，医学用に応用されました（COMPUTER OF AVERAGE TRANSIENTS．通称CAT）．

この場合は，トリガによる刺激信号（聴覚，視覚等）に対するレスポンスを測定するとき，ノイズとしての心電やハムを減少させるのに使ったものでした．数学の言葉を借りれば算術平均ですが，前号での平均手法は移動平均法でした．なにしろ13万回もトリガを数えていては日が暮れてしまいます！ 1秒繰り返しで36時間ですから，とてもとても．

この移動平均法はトリガの必要がなく，時系列データの中から偶然変動（ノイズ分）を減少させ，その現象の傾向を検出するのに有利な手法です．このスムージングの技法は入力データの最初からまずM個の算術平均をとり，つぎにM+1番目からM個の平均をとる．これを続けて，M個のうち最初が捨てられ，つぎつぎにM+1番目のデータが取り込まれていくことで，時系列の傾向変動が検出できるという方法です．

このM（項）を大きくするとなだらか過ぎて変化分が現れなくなり，小さければスムージングがあまり行われず，現象の傾向がつかめません（先月の実験では4項移動平均でした）．

(2) ケーブルを吊したとき

対の電線の電流の向きを反対にしても吸引・反発が現れなかったのは，対の電線の磁界の影響が弱すぎたためでしたが，

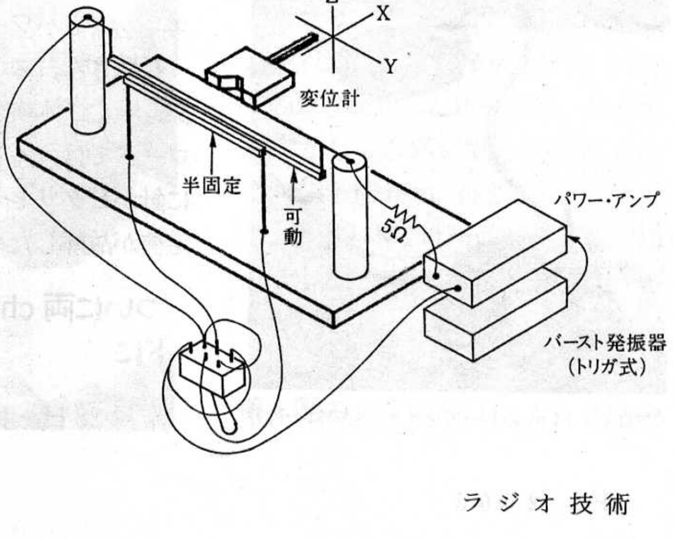
(1) 対の電線を極力近づける

(2) 電流を増やす

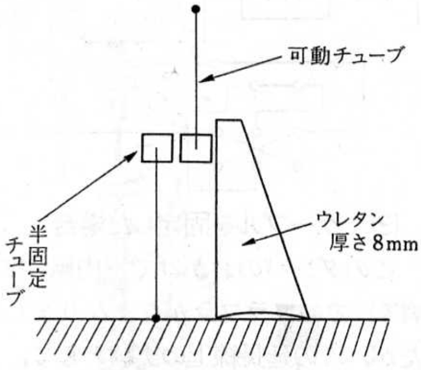
(3) バースト波を使う

(4) 従来のアベレージ法を使う

(5) センサを消磁する（センサ・ケースのコーナー）

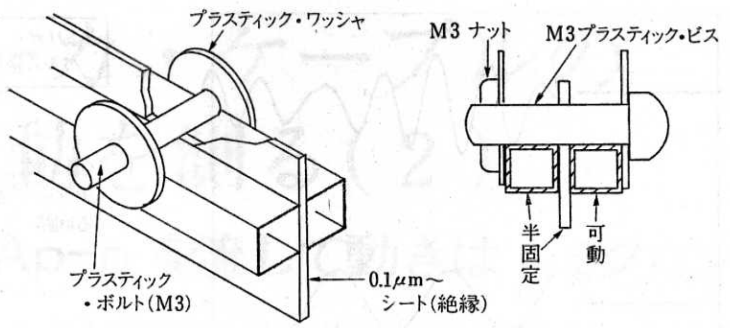


〈第1図〉スイッチつきの実験装置．入力にはバースト波を使う



〈第5図〉可動側をダンプする

〈第6図〉
絶縁シートを入れて常体を固定する



おりチューブ全域でこのスペースになるか，疑問ではあります．

また，両チューブを縛る操作ですが，ここでは**第6図**のようにプラスチック・ビスで手回しで締めて固定しました．通電の条件は前とおなじです．

結果を**第7図**に示します．これは10 μm厚シートを使ったときのデータでチューブの自由振動が重なっているので見づらいと思いますが，通電バースト波とペアで示しました．**同図(A)(B)**は同じ条件でのレスポンスですが，この程度のバラツキがあります．センサおよび記録系の感度は8倍増強してあります．

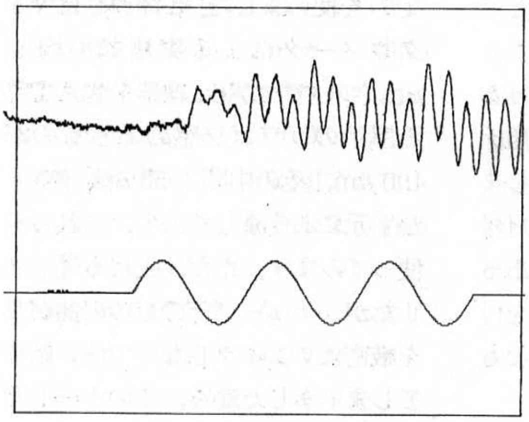
第2図との比較してみると，通電分に対するレスポンスは約1/2ですから，**第2図**のフリーに動ける状態からは1/16，すなわち，0.25 μm p-pの振れとなります．ここで，センサ内蔵の移動平均も併用した結果が**第8図(A)(B)**です．自由振動が押さえられて，見やすくなっています．

つぎに，50 μmシートを重ねて60 μmとしてみます．**第9図**がその結果ですが，レスポンスとしては大差なしといえるでしょう．

他に実験として，両チューブを止めるビスの位置をレーザー光の当たるところから左右に30 mm離れた点（間隔60 mm）にしましたが，レスポンスのパターンはやはり大差なしでした．データについては，振幅にのみ注目して，周波数や波形についての検討を控えましたが，チューブの形状等から来る条件に依存する項目ですので，了解してください．

付け加えておきたいのは，電磁現象であるのに一見遅れてレスポンスが起こっているように見えますが，最初が立ち上がらないことからきているのです．念のため．

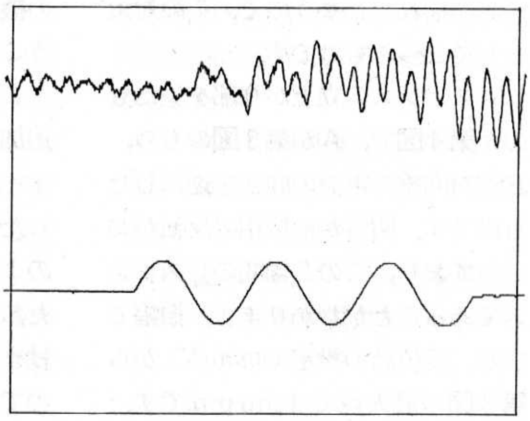
オーディオの世界では

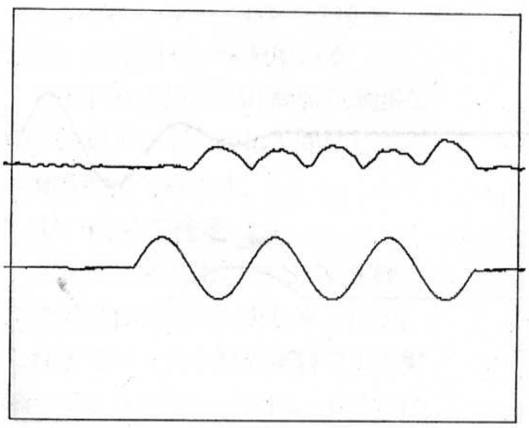


〈第7図〉
9 Hz 3波バーストを加えたとき

◀(A)
10ミクロン厚シートをはさんだとき

(B)▶
同じ条件だが，出力が多少ちがう

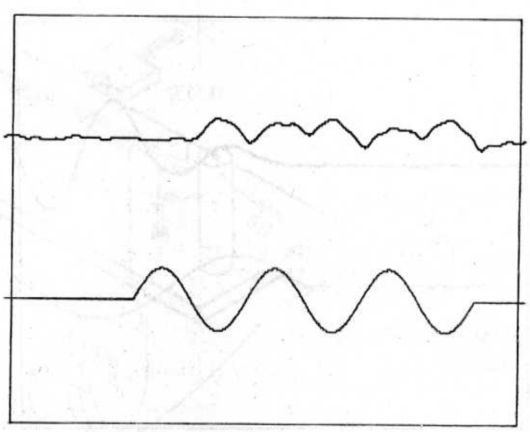


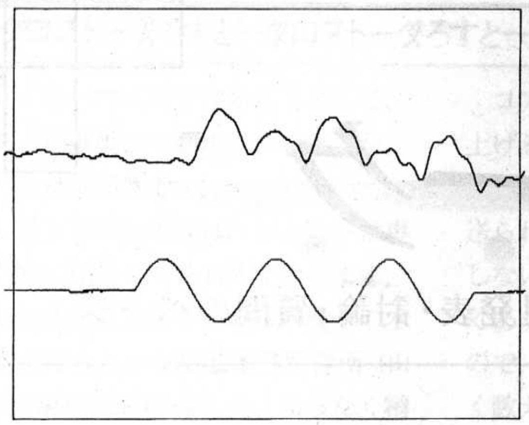


〈第8図〉
第7図と同じ条件で移動平均法を用いたとき

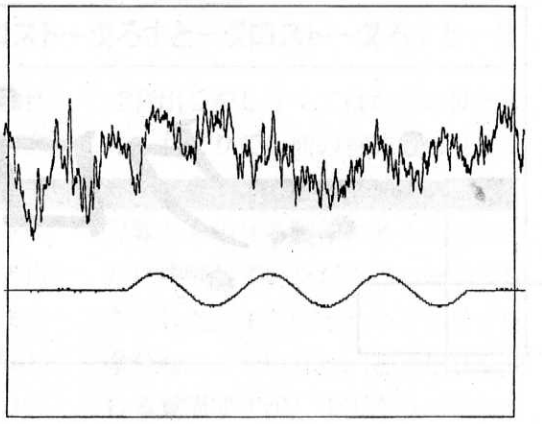
◀(A)
振幅0.25ミクロン p-p

(B)▶
測定値のバラツキを示す

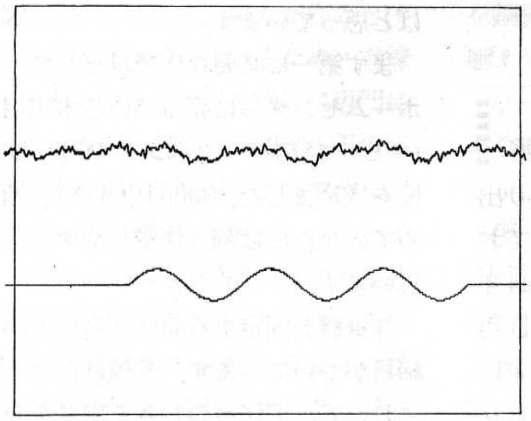




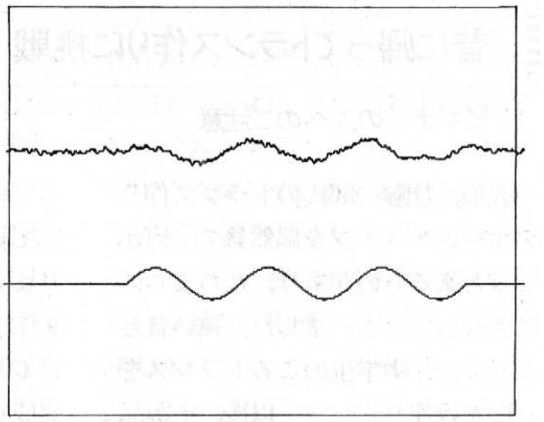
◀〈第 9 図〉
60 ミクロン厚シートをはさんだときの振動



〈第 10 図 A〉▶
バースト波がノイズの中に埋もれている状態



◀〈第 10 図 B〉
加算平均 30 回の場合. ランダム・ノイズはかなり消えている



〈第 10 図 C〉▶
加算平均 100 回とすると, バースト波が見えてくる

電線同士の振れ（振動）はスピーカをドライブする程度の電流でナノ・メートルの動きをすることが確かめられました. これをさらにしばったり, 何らかの形で固定する方法をとって電磁作用を押さえつけることが, 直接音質に影響を与えるとは考えにくい. これが今回の実験をオーディオと結びつけた筆者の結論です. ただ, これはオーディオの世界になじみのなかった筆者が“小さいはず”の一念で見当つけたことですが, こと空気の振動, 鼓膜の振動となると, この世界も無視するわけにはいきません.

以上, 興味半分であまり実用性のない実験でした. スピーカ・ケーブルの振動がどの程度のものか注目しましたが, ケーブルの処理に関しては別な何かがあるのかもしれません. 別に超能力を導入しようとは思いませんが, 読者のみなさんからのご意見, 実験結果などのお知らせをお待ちする次第です.

実験余話――電源周波数が正確すぎると困る?

アベレージの結果をしばしばご紹介してきましたが, もともとはどんなものなのか. 実験波形を紹介しましょう. **第 10 図(A)**はオリジナル, **第 10 図(B)**がアベレージの回数で改善されていく様子を示しました.

原理は“周期”がキー・ワードです. 信号に対する雑音の非同期性の程度で S/N 改善に差が出ます. 本文でも医学系でのアベレージングにふれましたが, それは, 大脳皮質の細胞から微小電極を通して細胞外誘導をするときハムに悩まされるからです.

微小電極とは電極自体が小さいのではありません. 長さ 50 mm 度のガラス・チューブ（ϕ1.5 mm 程度）の先端の径が微小なのです. 加熱と引き延ばしで, 0.2 から 0.3 μm 程度のチューブに仕上げます. これに 3 MKcl をつめて導電性をもたせ, 細胞電位を取り出すのです. 電気抵抗は 20〜100 MΩ になります.

聴覚刺激音の繰り返しに同期したレスポンスが得られますが, これにハムが混入（静電誘導）するわけです. もちろん, ハムは刺激に同期していませんが, 電気時計のもとになるよう, 電力会社は正確に正確に周波数を調整していますから, 位相は違っても刺激の繰り返しと同期したように, 一定の関係を保ちます. ハムを雑音として不要と決めつけても, この場合アベレージ法では原理的に取り除けないのです.

現実には幸か不幸か刺激装置の周期がそれほど安定でなかったため, また“馴れ”を防ぐため, わざと刺激周期を変化させたりするので, アベレージ法が成り立ったのです. 現在のようにディジタルで正確に周期が決まる信号源では, このアベレージ法は少なくともハム除去に関しては効果が半減してしまいます. 正確過ぎるのも考えもの, というお話でもありました.